

Rüppell, Hermann; Schrankel, Philipp S.; Garbert, Annegret; Huber, Jörg; Klieme, Eckhard
Die Lehre komplexen Denkverhaltens
Zeitschrift für Pädagogik 28 (1982) 3, S. 425-440



Quellenangabe/ Reference:

Rüppell, Hermann; Schrankel, Philipp S.; Garbert, Annegret; Huber, Jörg; Klieme, Eckhard: Die Lehre komplexen Denkverhaltens - In: *Zeitschrift für Pädagogik* 28 (1982) 3, S. 425-440 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-142120 - DOI: 10.25656/01:14212

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-142120>

<https://doi.org/10.25656/01:14212>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Zeitschrift für Pädagogik

Jahrgang 28 – Heft 3 – Juni 1982

I. Essay

JÜRGEN HENNINGSSEN

Vielleicht bin ich heute noch ein Nazi 341

II. Thema: Lehr-Lern-Forschung

PETER MARTIN ROEDER

Einleitung zum Themenschwerpunkt „Lehr-Lern-Forschung“ 355

URSULA VIET/
VEIT GEORG SCHMIDT/
NORBERT SOMMER/
ULRICH GROMMELT

Veränderungen des kognitiven Entwicklungsstandes von Schülern der Orientierungsstufe im Mathematikunterricht. Bericht über ein fachdidaktisches Projekt 365

LUDWIG KÖTTER/
ARNO AUFFENFELD/
KARL LUDWIG JÜNGST/
DOROTHEA KLEIN/
HELMUT M. NIEGEMANN/
HELMUT STRUCHHOLZ

Zum Lehren und Lernen geometrischer Begriffe: Deskription und Optimierung 381

GUNTHER EIGLER/
GERD MACKE/
PETER NENNIGER

Mehrdimensionale Zielerreichung in Lehr-Lern-Prozessen 397

HERMANN RÜPPELL/
PHILIPP S. SCHRANKEL/
ANNEGRET GARBERT/
JÖRG HUBER/
ECKHARD KLIEME

Die Lehre komplexen Denkverhaltens 425

III. Bericht

JÜRGEN OELKERS

Die analytische Erziehungsphilosophie: Eine Erfolgsgeschichte. Wissenschaftshistorische Anmerkungen zur Entwicklung der angelsächsischen Erziehungsphilosophie seit 1950 441

IV. Besprechungen

CARL CHR. LINGELBACH	Albrecht Elsässer: Die Integration von Allgemeinbildung und Berufsbildung im Sekundarbereich II 465
JOSEF DERBOLAV	Fritz Peter Hager: Plato Paedagogus 471
WILFRIED LIPPITZ	Martinus J. Langeveld/Helmut Danner: Methodologie und „Sinn“-Orientierung in der Pädagogik 474
HELMUT KITTEL	Karl Seidelmann: Die Pfadfinder in der deutschen Jugendgeschichte. Teil 2, 1 478
HEINZ GÜNTER HOLTAPPELS	Wiebke Ammann/Helge Peters: Stigma Dummheit 481

V. Dokumentation

Dissertationen und Habilitationsschriften in Pädagogik 1981 483

Pädagogische Neuerscheinungen 503

Zeitschrift für Pädagogik

Beltz Verlag Weinheim und Basel

Anschriften der Redaktion: Prof. Dr. Dietrich Benner, Goethestr. 17, 4401 Altenberge;
Prof. Dr. Herwig Blankertz, Potstiege 48, 4400 Münster.

Manuskripte in doppelter Ausfertigung an die Schriftleitung erbeten. Hinweise zur äußeren Form der Manuskripte finden sich am Schluß von Heft 1/1981, S. 165 f., und können bei der Schriftleitung angefordert werden. Besprechungsexemplare bitte an die Anschriften der Redaktion senden. Die „Zeitschrift für Pädagogik“ erscheint zweimonatlich (zusätzlich jährlich 1 Beiheft) im Verlag Julius Beltz GmbH & Co. KG, Weinheim und Verlag Beltz & Co. Basel. Bibliographische Abkürzung: Z. f. Päd. Bezugsgebühren für das Jahresabonnement DM 84,— + DM 4,— Versandkosten. Lieferungen ins Ausland zuzüglich Mehrporto. Ermäßigter Preis für Studenten DM 65,— + DM 4,— Versandkosten. Preis des Einzelheftes DM 18,—, bei Bezug durch den Verlag zuzüglich Versandkosten. Zahlungen bitte erst nach Erhalt der Rechnung. Das Beiheft wird außerhalb des Abonnements zu einem ermäßigten Preis für die Abonnenten geliefert. Die Lieferung erfolgt als Drucksache und nicht im Rahmen des Postzeitungsdienstes. Abbestellungen spätestens 8 Wochen vor Ablauf eines Abonnements. Gesamtherstellung: Beltz Offsetdruck, 6944 Hemsbach über Weinheim. Anzeigenverwaltung: Heidi Steinhaus, Ludwigstraße 4, 6940 Weinheim. Bestellungen nehmen die Buchhandlungen und der Beltz Verlag entgegen: Verlag Julius Beltz GmbH & Co. KG, Am Hauptbahnhof 10, 6940 Weinheim; für die Schweiz und das gesamte Ausland: Verlag Beltz & Co. Basel, Postfach 2346, CH-4002 Basel.

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, bleiben vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten.

Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder benutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG WORT, Abteilung Wissenschaft, Goethestraße 49, 8000 München 2, von der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

Die Lehre komplexen Denkverhaltens

1. Einleitung

Die hier dargestellte Konzeption zur Lehre komplexen Denkverhaltens verfolgt das Ziel, Schülern einerseits Denkstrategien so zu vermitteln, daß sie mit Hilfe des Transfers Denkprozesse in den unterschiedlichsten Denkbereichen beginnen können, und andererseits eine Menge von strategieübergreifenden Verhaltensweisen auszubilden, mit denen sie ihr Denkverhalten kompetent regulieren können. Verbunden ist dieses Ziel mit dem zusätzlichen Anspruch, das sozial-kognitive und das soziale Lernverhalten zu fördern.

Zu Beginn des langjährigen, fünf Jahre durch die DFG unterstützten Forschungsvorhabens wurde davon ausgegangen, daß dieses Ziel erreichbar sei, wenn Alltagssituationen gefunden werden können, in denen Kinder komplexe Denkstrategien erwerben, wenn deren lehr-lern-theoretisch bedeutsamen Merkmale analysiert und diese planmäßig verwirklicht werden können. Solche Situationen wurden in vielen Regelspielen gesehen. Nach einer Sichtung des kulturellen Spieleangebots und der lehr-lern-theoretischen Analyse einzelner Spiele wurden kognitiv orientierte Spiele zusammengestellt, neu entwickelt und in eine Hierarchie gebracht (vgl. RÜPPELL 1975, 1982). Die empirische Erprobung dieser Spielhierarchie zeigte aber, daß auf diese Weise nicht allen Kindern komplexe Denkstrategien vermittelbar sind und daß einerseits explizite Vorstellungen über den Verlauf von Denkprozessen und andererseits ein differenziertes System von Umweltbedingungen zur gezielten Unterstützung dieser Prozesse notwendig sind.

Mit Hilfe verschiedener deskriptiver Modelle der Informationsverarbeitung wurde dann versucht, kognitive Prozesse direkt zu planen (vgl. RÜPPELL 1979). Schließlich wurde ein umfassendes normatives Denkmodell entwickelt, das den Anspruch erhebt, eine präskriptive Detailplanung von komplexen Denkprozessen zuzulassen. Parallel dazu wurde ein Lehr-Lern-Modell entworfen, das lehr-lern-theoretisch Ressourcen zusammenfaßt und so systematisiert, daß eine differentielle Unterstützung der Teilprozesse des normativen Denkprozesses möglich ist. Die Lernumwelt, die dieses Lehr-Lern-Modell praktisch umsetzt, in dem eine Vielzahl von lernfördernden Umweltbedingungen durch technologische Regeln koordiniert verwirklicht werden, ist das sogenannte *Bonner Lehr-Lern-System* (BLLS).

2. Ein normatives Denkmodell

Ein normatives Denkmodell schreibt vor, wie Menschen idealerweise denken sollten, und beschreibt nicht, wie sie dies tatsächlich tun. Letzteres ist Aufgabe deskriptiver Modelle. Normative Modelle müssen deskriptive aber berücksichtigen, um den Grenzen der menschlichen Informationsverarbeitung und der Vielfalt tatsächlich beobachtbarer Denk-

strategien Rechnung zu tragen. Normative und deskriptive Modelle sind dann identisch, wenn das tatsächlich beobachtbare Denkverhalten, z. B. das Denkverhalten von Experten, zur Norm erhoben wird.

Die Orientierung an verschiedenen Modellen aus dem Bereich der kognitiven Psychologie führte in Verbindung mit unseren eigenen Ergebnissen aus einer Reihe von Unterrichtsversuchen zu folgenden Grundannahmen über die prinzipiellen Möglichkeiten komplexer menschlicher Informationsverarbeitung:

- (1) Die Effektivität alltagsbezogener Denkprozesse wird ermöglicht durch den schnellen und flexiblen Einsatz begrifflicher Schemata (vgl. u. a. SELZ 1924, RUMELHART/ORTONY 1977, AEBLI 1980). Sie werden vornehmlich als kognitive Repräsentation von Handlungszusammenhängen aufgebaut, indem Situationen und die in ihnen agierenden Personen, d. h. die Handlungsträger, mit ihren Bestimmungsstücken und Eigenschaften verallgemeinert werden. Solche Schemata lassen sich als netzwerkartige Rahmengerüste darstellen, die im Gedächtnis gespeichert sind und als Einheit aktiviert werden können, um die Bestimmungsstücke einer Handlungssituation ganzheitlich zu vergegenwärtigen und die Handlung zu steuern.
- (2) Bildliche Vorstellungen können in die netzwerkartigen Rahmengerüste eingebaut werden und mit ihnen in eine funktionale Wechselwirkung treten, die die ganzheitliche Vergegenwärtigung der Bestimmungsstücke stabilisiert und konkretisiert (vgl. z. B. KOSSLYN 1980, STEINER 1980).
- (3) Eine komplexe Handlung kann auf der Grundlage eines solchen mit Bildern durchsetzten begrifflichen Rahmengerüsts mit Hilfe von elementaren, nicht inhaltspezifischen Problemlösekomponenten gedanklich durchgespielt werden (vgl. dazu etwa die Komponententheorie von STERNBERG 1980). Durch solche Denkprozesse wird über einen längeren Zeitraum hinweg eine Vielzahl von konkreten Problemlöseoperationen aufgebaut und ebenfalls in das begriffliche Schema integriert (vgl. NEVES/ANDERSON 1981, ANDERSON u. a. 1981).

Eine ausführliche theoretische Begründung dieser Annahmen und eine detaillierte Beschreibung der dabei verwendeten Konzepte findet sich bei KLIEME/RÜPPELL (1983).

Auf der Basis dieser allgemeinpsychologischen Aussagen sowie der eingangs erwähnten Untersuchung von Regelspielen entwickelten wir ein normatives Modell, das komplexe Denkprozesse als Einsatz von *handlungs-analogen-bild-unterstützten Schemata*, genannt HABUS, dargestellt. Ein HABUS betrachten wir als die für komplexe Denkprozesse eines bestimmten Inhaltsbereiches relevante Funktionseinheit, die begriffliche Schemata mit Bildern und Problemlöseoperationen verbindet (vgl. im einzelnen KLIEME/RÜPPELL 1983).

An dieser Stelle soll das entworfene normative Denkmodell anschaulich am Beispiel des Schachs als eines hinreichend bekannten Denkspiels erläutert werden, bei dem zudem das bereits erwähnte Phänomen auftritt, daß bereits junge Kinder relativ mühelos komplexe Denkstrategien erwerben können.

Beim Schach fällt auf, daß die Handlungsträger einer schematisierten kriegerischen Auseinandersetzung durch Spielfiguren prägnant hervorgehoben sind und durch ihre Stellung auf dem Spielbrett auf bildlich einprägsame Weise in einem beziehungsstiftenden Zusammenhang stehen. Die gesamte Spielstellung ist das Bezugs-Objekt der „Handlung“ einer Spielfigur; ihre allgemeinen Ziele – beim

Bauern etwa: die gegnerische Grundlinie zu erreichen – und elementaren *Instrumente* – z. B. schräg nach vorn einen gegnerischen Spielstein schlagen – sind durch die Spielregeln definiert. Die speziellen Ziele und besonders die vielfältigen strategischen *Methoden* der Spielfiguren sind dagegen nicht unmittelbar erkennbar. Sie müssen im Verlauf des Spiels, also beim Durchspielen der Handlung, identifiziert werden. – Dem Bauern können auf diese Weise z. B. Ziele und Methoden wie „König schützen“, „Freibauer“, „Gabel“ als gabelförmige Bedrohung von zwei gegnerischen Offizieren, zugeordnet werden.

Damit haben wir den Aufbau einer begrifflichen Repräsentation von Spielhandlungen in den Termini unseres normativen Denkmodells, d. h. als ein handlungs-analoges Schema beschrieben, wie es hier als Grundlage effizienter Denkprozesse betrachtet wird.

Definition: Ein handlungs-analoges Schema ist ein begriffliches Rahmengerüst zur simultanen Vergegenwärtigung der Ziele, Methoden, Instrumente und Objekte der dominierenden Handlungsträger einer Handlungssituation sowie zur weiteren, teilweise schlußfolgernden Ausdifferenzierung dieser Komponenten durch untergeordnete Handlungssituationen, deren Bestimmungsstücke wiederum simultan vergegenwärtigt werden.

Das handlungs-analoge Schema hat die Funktion, das problemlösende Durchspielen der Handlung zu ermöglichen und zu steuern, indem es zunächst eine simultane Vergegenwärtigung der Spielsituation erzeugt, auf deren Hintergrund die Handlungsträger dann mit ihren Zielen, Methoden, Instrumenten und Objekten in Interaktion treten können. Es sei dabei nochmals auf die oben erwähnte Annahme hingewiesen, daß in dieses problemlösende Durchspielen die elementaren Problemlösungsprozesse der menschlichen Intelligenz, etwa diejenigen, die STERNBERG (1980) im Rahmen seiner Komponententheorie zusammengestellt hat, in vielfältiger Weise eingehen können. Sie sollen hier jedoch nicht in die Diskussion einbezogen werden, weil sie u. E. außerhalb der Reichweite einer normativen Denktheorie liegen. Normativ relevant ist hier dagegen die Annahme, daß eine simultane Vergegenwärtigung der Ziele, Methoden, Instrumente und Objekte der Handlungsträger für das problemlösende Durchspielen einer Handlung im allgemeinen notwendig ist.

In Brettspielen ist die simultane Vergegenwärtigung der Bestimmungsstücke und das problemlösende Durchspielen der Handlung möglich, weil aufgrund der dauernd sichtbaren Konfiguration der Spielfiguren eine vorübergehende Vergegenwärtigung der Handlungsträger zumindest mit ihren Zielen und Instrumenten ständig neu erzeugt werden kann und weil die Handlungsergebnisse durch bildlich vorstellbare Veränderungen der Spielfigurenkonfiguration antizipierbar und auf dem Spielbrett fixierbar sind. Kurz: Sowohl die Vergegenwärtigung der Problemlösesituation als auch das Durchspielen der Handlung werden ermöglicht durch bild-unterstütztes Denken. Gerade diese Stützung garantiert den ungehinderten Einstieg in das Denken, der typisch für viele Brettspiele ist.

Definition: Bild-unterstütztes Denken ist die Einbettung von bildlichen Wahrnehmungen, Erinnerungen und Vorstellungen in begriffliches Denken mit den Funktionen: (1) die simultane Vergegenwärtigung der Bestimmungsstücke der Problemlösesituation schon dann vorübergehend zu erzeugen, wenn das dafür notwendige handlungs-analoge Schema noch nicht ausgebildet ist, (2) ein bereits vorhandenes Schema zu aktivieren und (3) das Interaktionsgeschehen der Handlungsträger und die damit einhergehende Veränderung der Handlungsobjekte permanent zu visualisieren.

Bildliche Vorstellung, Wahrnehmung oder Erinnerung werden hier sozusagen als Stabilisatoren von Denkprozessen betrachtet (vgl. zur weiteren Begründung KLIEME/RÜPPEL 1983). Wenn sie als solche systematisch in ein handlungs-analoges Schema eingebaut sind, sprechen wir von einem HABUS.

Definition: Ein HABUS ist ein handlungs-analoges Schema, das in Funktionseinheit mit einem bild-unterstützten Denkprozeß aktiv wird. Es ist also ein begriffliches Rahmengerüst zur Repräsentation der Problemlösesituation, mit dem bildliche Erinnerungen, Wahrneh-

mungen oder Vorstellungen so verknüpft sind, daß im Denkprozeß die simultane Vergegenwärtigung der Handlungsträger mit ihren Eigenschaften ebenso durch visuelle Prozesse gestützt werden kann wie das gedankliche Durchspielen der Handlung und der damit einhergehenden Veränderungen des Handlungsobjektes.

Das HABUS-gesteuerte Durchspielen der Interaktionsmöglichkeiten der Handlungsträger mit ihren Instrumenten und Methoden stellt das eigentliche Problemlösen dar, das nach und nach die Problemlöseoperationen ausbildet.

Definition: Eine Problemlöseoperation ist ein typisches Interaktionsmuster der Handlungsträger einer Problemlösesituation. Es ist gekennzeichnet durch standardisierte Folgen von Problemlöseschritten und durch die Herausbildung von definierten Zwischenzielen.

Problemlöseoperationen ermöglichen schnelle, präzise und weitreichende Schlußfolgerungen, die beim Schach etwa durch bestimmte Angriffsvarianten gegeben sind, beispielsweise durch den sog. „Schäferzug“, bei dem die Handlungen der Dame und des Läufers koordiniert werden, um ein Schachmatt zu erzielen. Aufgrund der übergeordneten Steuerung des Problemlösens durch das HABUS kommt es zu einem Funktionszusammenhang in dem Sinne, daß die Problemlöseoperationen als Ganzes an das HABUS angebunden und als Teile integriert werden (vgl. zur Entwicklung von Lösungsoperationen aus Schemata: NEVES/ANDERSON 1981). Die Integration geschieht auf zweierlei Arten: einerseits werden typische Problemlöseschritte oder Zwischenziele so mit Begriffen belegt, daß sie einzelnen Handlungsträgern direkt als Methoden oder Ziele zugeordnet werden können, andererseits führen die koordinierten Aktionen zur Differenzierung der Beziehung zwischen den beiden Handlungsträgern, die sich, in Analogie zur beziehungsstiftenden Handlung bei AEBLI (1980), in der Struktur des handlungs-analogen Schemas niederschlagen. Die Übersetzung von Problemlöseschritten und Zwischenzielen in Methoden und Ziele von Handlungsträgern führt dazu, daß diese Schritte und Ziele schon zu Beginn eines Problemlöseprozesses in der simultanen Vergegenwärtigung auftauchen. Z. B. wird ein Schachanfänger die Ziele und Methoden eines Bauern in der Simultanvergegenwärtigung der Bestimmungsstücke einer Spielsituation noch undifferenziert erfassen. Strategische Elemente wie etwa „König schützen“, „Freibauern erlangen“, „Gabel-Angriff“ in Form der gleichzeitigen Bedrohung zweier gegnerischer Offiziere oder „Angriff eines gefesselten Offiziers“ werden erst beim Durchspielen der Handlung als nützliche Problemlöseschritte erkannt. Beim fortgeschrittenen Spieler tauchen die Problemlöseschritte und Zwischenziele dagegen schon zu Beginn einer Partie in der ganzheitlichen Vergegenwärtigung als verallgemeinerte Methoden oder Ziele eines Bauern auf. Gleiches gilt für die Differenzierung der Beziehung zwischen den Handlungsträgern, denn durch ihren Niederschlag in der Struktur des handlungs-analogen Schemas finden sie unmittelbar Eingang in die simultane Vergegenwärtigung der Problemlösesituation. Beim Schach führt etwa die Problemlöseoperation „Schäferzug“ dazu, daß der Läufer in der ganzheitlichen Vergegenwärtigung als opferbereiter Gehilfe der Dame gesehen wird.

Während also beim Anfänger die verschiedenen Tricks und Listen der Spielfiguren jeweils nur vorübergehend beim Problemlösen erlebt werden, sind sie für den Fortgeschrittenen permanent als Eigenschaften der Spielfiguren repräsentiert und damit in ein HABUS eingegliedert. Auf diese Weise erklärt sich auch das Phänomen, daß Schachexperten zehntausende von Spielstellungen augenblicklich repräsentieren und mit einem Minimum von Problemlöseaktivitäten bewerten können (vgl. CHASE/CHI 1981).

Die zusammenfassende These unserer am Schachspiel exemplarisch dargestellten Überlegungen ist, daß Brettspiele jedem Kind den Einstieg in das Denken ermöglichen, weil sie (1) die dafür notwendige simultane Vergegenwärtigung der Handlungsträger durch die Spielfigurenkonfiguration und die präzisen Spielregeln schon dann ermöglichen, wenn das eigentlich dafür notwendige begriffliche Rahmengerüst noch nicht ausgebildet ist, und weil sie (2) das Durchspielen der Handlung durch die Veränderung der bildlichen Konfiguration der Spielfiguren auf dem Spielbrett permanent stützen können. Vor allem

die bildliche Stützung des Denkens erlaubt also eine selbständige Entwicklung strategischer Operationen, noch bevor ein handlungs-analoges Schema voll repräsentiert ist.

Die verallgemeinernde und für das normative Denkmodell ausschlaggebende These ist, daß eine Problemlösesituation dann einen relativ mühelosen Einstieg in einen Denkprozeß ermöglicht, wenn (1) die unterschiedlichen Handlungsträger deutlich herausgehoben und markant benannt sind, wenn (2) ihre wichtigsten Ziele, Instrumente und Objekte klar definiert sind, wenn (3) eine bildliche Konfiguration die Handlungsträger in einen beziehungsstiftenden Zusammenhang bringt, wenn (4) die handlungsbedingten Veränderungen des Handlungsobjektes prägnant visualisierbar sind und wenn schließlich (5) Regulationskomponenten und analoge Schemata zur Auswertung von Handlungsabläufen zur Verfügung stehen bzw. parallel trainiert werden.

Sind diese Bedingungen gegeben, kann der Aufbau von Problemlöseoperationen unmittelbar beginnen und wird die Entstehung des HABUS durch jede simultane Vergegenwärtigung und durch jede gemeinsame Aktion von Handlungsträgern vorangetrieben. In dieser parallelen Entwicklungsmöglichkeit von Problemlöseoperationen und Schemata ist u. E. das Geheimnis derjenigen Brettspiele zu sehen, die vielen Kindern den mühelosen Einstieg in komplexes Denkverhalten ermöglichen. Das HABUS-Konzept ist der Versuch, dieses Geheimnis auf andere, besonders auf mathematisch-naturwissenschaftliche Denkbereiche zu übertragen. Aus dieser Perspektive ist die Herausforderung darin zu sehen, eine Vielzahl von Denkbereichen so aufzubereiten, daß sie dem handlungs-analogen-bild-unterstützten Schema zugänglich werden. Wir haben hierzu das Konzept des sog. Simultan-Vergegenwärtigers entwickelt.

Definition: Der Simultan-Vergegenwärtiger ist eine bildliche Darstellung der Handlungsträger einer Problemlösesituation mit prägnanter Visualisierung ihrer wichtigsten Ziele, Instrumente und Objekte und einer Andeutung ihrer Methoden und wechselseitigen Beziehungen. Er kann analog zur Spielfigurenkonfiguration eines Brettspiels die Funktion eines HABUS ersatzweise übernehmen, indem er vorübergehend eine simultane Vergegenwärtigung der Bestimmungsstücke einer Problemlösesituation ermöglicht.

Ein Beispiel aus der Bruchrechnung soll dieses Konzept und damit die beanspruchte Übertragungsmöglichkeit eines HABUS auf mathematische Denkinhalte demonstrieren. Soll ein Schüler beispielsweise das Erweitern von Brüchen gedanklich durchspielen können, so könnte ihm der Einstieg in den Denkprozeß durch eine Abbildung erleichtert werden, deren wiederholte Betrachtung den Schüler vorübergehend simultan vergegenwärtigen läßt, daß

- die Handlungsträger durch einen *Einteiler*, einen *Markierer* und einen *Verfeinerer* gegeben sind,
- das Handlungsobjekt des *Einteilers* und des *Markierers* durch die ganze Strecke gegeben ist und das des *Verfeinerers* durch das Produkt, das Einteiler und Markierer hinterlassen,
- die Instrumente der Handlungsträger die verschiedenen Werkzeuge sind,
- das Handlungsziel durch eine hierarchisch geteilte Strecke gegeben ist.

Die Methoden der Handlungsträger sind dagegen nur indirekt sichtbar, die des Einteilers z. B. durch die verschiedenen großen Einteilungsinstrumente, die vergegenwärtigen, daß er trickreiche Methoden für den koordinierten Einsatz seiner Instrumente hat.

Auf dem Hintergrund dieser simultanen Vergegenwärtigung kann der Schüler die Handlung in Gedanken ansatzweise durchspielen. Er kann z. B. den „Einteiler“ vorerst noch ohne Methode in Aktion treten und zu gegebener Zeit den „Markierer“ dazu kommen lassen und nach dessen Einsatz das Handlungsergebnis prägnant visualisieren. Dabei können effektive Einsatzmöglichkeiten für die Instrumente des „Einteilers“ entdeckt und diesem direkt als Methode zugeordnet werden. Die Entwicklung eines HABUS ist damit begonnen, die weitere Ausdifferenzierung vorbereitet. Ohne einen derartigen Simultan-Vergegenwärtiger ist unserem Modell zufolge der Einstieg in das Durchdenken der Bruchrechnung bedeutsam schwieriger, vielleicht ähnlich schwierig wie ein Einstieg in Brettspiele, würde man diese ohne Brett und Figuren im Blindspiel erlernen.

Mit der Vorstellung des Simultan-Vergegenwärtigers ist gleichzeitig ein Beispiel für eine lernfördernde Umweltbedingung gegeben, deren Diskussion im Abschnitt 4 im Vordergrund steht, denn nach dem Einstieg in den Denkprozeß besteht das Problem darin, das Wechselspiel von begrifflichen Rahmengerüsten, bildlichen Vorstellungen und Problemlöseoperationen langfristig anzuregen. Hierzu ist aufgrund der Komplexität des Gegenstandes ein differenziertes System von lernfördernden Umweltbedingungen erforderlich. Ein solches System glauben wir durch das sog. *Bonner Lehr-Lern-System* vorstellen zu können.

3. Ein Lehr-Lern-Modell für komplexes Denkverhalten

Das folgende Lern-Modell ist die theoretische Grundlage des Bonner Lehr-Lern-Systems. Es geht mit WEINERT (1979) und NORMAN (1978) davon aus, daß in komplexen Lernprozessen verschiedene Lernarten oder Lernmechanismen koexistieren. Komplexes Denkverhalten ist hier durch die Ausführung eines HABUS definiert, zu dem auch der kompetente Einsatz von inhaltsunspezifischen Regulationskomponenten gehört. Ein Lernmodell für komplexes Denkverhalten muß also beschreiben, wie sich ein HABUS und die entsprechenden Regulationskomponenten entwickeln. Eine darauf abgestimmte Lernumwelt muß die Umweltbedingungen angeben, die diese Entwicklung unterstützen und die das Zusammenspiel von HABUS-Aktivitäten und Regulationskomponenten individuell optimieren.

Das *Lernmodell* basiert auf den lerntheoretischen Annahmen, daß das informationsverarbeitende System des Menschen

- (1) Handlungsepisoden ganzheitlich im Gedächtnis aufzeichnen kann,
- (2) diese ganzheitliche Aufzeichnung mit bereits vorhandenem Problemlöseverhalten integrieren kann, wenn das Problemlöseverhalten unter variierenden Bedingungen exemplarisch durchgespielt wird,
- (3) das integrierte Problemlöseverhalten explizit machen und semantisch ausdifferenzieren kann,
- (4) das ausdifferenzierte Problemlöseverhalten routinisieren und automatisieren kann.

Entsprechend unterscheidet das hier zugrundegelegte Lernmodell vier schwerpunktmäßig aufeinanderfolgende Kernprozesse: (1) die *Codierung*, (2) die *Umstrukturierung*, (3) die

Elaboration, (4) die *Spezialisierung*. Zusätzlich werden vier Begleitprozesse unterschieden, die sich nicht direkt auf die Informationsverarbeitung, sondern nur auf die Unterstützung der obigen Kernprozesse beziehen: (5) die *Regulation der Aufmerksamkeit*, (6) die *übergeordnete Motivierung*, (7) das *Erleben der Lernerfolge* und (8) die *Adaptation*.

Codierung bedeutet, den Ablauf des erwünschten Denkverhaltens, im vorliegenden Fall also die kompetent regulierte HABUS-Ausführung, im episodischen Gedächtnis ganzheitlich aufzuzeichnen und diese Aufzeichnung oberflächlich mit dem bereits ausgebildeten Denkverhalten zu verknüpfen. Von dieser Aufzeichnung wird nicht gefordert, ohne äußere Hilfen abrufbar zu sein; gefordert wird dagegen, daß sie dem Lernenden die kognitive Repräsentation des erwünschten Denkverhaltens ausschnittsweise im Gedächtnis ermöglicht, wenn ihm gezielte Erinnerungscues geboten werden. Von dieser Repräsentation des Denkverhaltens wird angenommen, daß sie dem Lernenden im nachfolgenden Umstrukturierungsprozeß als Folie dient, die ihn sein tatsächliches Denkverhalten mit dem angestrebten jederzeit vergleichen läßt.

Umstrukturierung bedeutet, ein gerade codiertes Denkverhalten mit Teilen des bereits ausgebildeten Denkverhaltens strukturell zu vereinigen. Diesen Prozeß kann man sich zusammengesetzt denken aus einer Folge von Mini-Aha-Erlebnissen, die auftreten, wenn die Handlung auf dem Hintergrund der ganzheitlichen Aufzeichnung gedanklich durchgespielt wird. Der ganzheitlichen Aufzeichnung kommt hierbei eine Art Katalysatorfunktion zu. Die Ergebnisse des Durchspielens bestehen im wesentlichen darin, daß die Ziele, Methoden, Instrumente und Objekte der Handlungsträger durch bereits vorhandene Begriffe oder Bilder ausdifferenziert und die Handlungsträger selbst aus ihrem ursprünglichen Kontext herausgelöst und durch die beziehungsstiftende Wirkung ihres gemeinsamen Handelns in einen neuen Zusammenhang gestellt werden.

Elaboration bedeutet, ein gerade umstrukturiertes Denkverhalten auf Lücken zu überprüfen, punktuell zu korrigieren und begrifflich zu differenzieren. Lücken können sich z. B. auf fehlende Instrumente oder Methoden von Handlungsträgern beziehen. Punktuelle Korrekturen sind z. B. erforderlich, wenn Ziele, Instrumente oder Objekte falsch oder ungenau zugeordnet wurden, während begriffliche Differenzierungen schließlich notwendig sind, um die verschiedenen Eigenschaften der Handlungsträger einprägsam zu benennen, beim Schach etwa Begriffe für verschiedene Angriffsstrategien als Methoden einzelner Spielfiguren.

Spezialisierung bedeutet, ein elaboriertes Denkverhalten durch das vielfache Durchspielen der Problemlösehandlungen flüssiger, effizienter und schneller zu machen, indem viele Interaktionsmöglichkeiten von Handlungsträgern sowie dazugehörige Zwischenziele direkt gespeichert, strategisch verkürzt oder durch feste Algorithmen symbolisiert werden. NORMAN (1978) bezeichnet diesen Prozeß als „tuning“.

Auf eine Definition der Begleitprozesse „Aufmerksamkeit“, „übergeordnete Motivierung“ und „Erleben der Lernerfolge“ muß an dieser Stelle verzichtet werden. Hervorgehoben sei aber, daß diese in Anlehnung an die Motivationstheorie von HECKHAUSEN (vgl. HECKHAUSEN/RHEINBERG 1980) konzipiert wurden (vgl. RÜPPEL 1982).

Der vierte Begleitprozeß, also die *Adaptation*, bezieht sich auf das individuelle Timing der vier Kernprozesse, auf die Anpassung der individuellen Verarbeitungsgeschwindigkeit

und Verarbeitungskapazität und auf die Ausbildung von individuellen Präferenzen für bestimmte Regulationskomponenten. Beispielsweise kann ein Schüler die kurzfristige Wiederholung einer gerade aufgenommenen Informationseinheit durch nachträgliches gedankliches Unterstreichen oder durch telegrammartige Zusammenfassung ausführen. Die Adaptation ist also ein übergeordneter Steuerungsprozeß, der das Zusammenspiel von elementaren Prozessen der Informationsverarbeitung bei jedem der oben definierten Teilprozesse modifizieren kann und dessen langfristige Auswirkungen für die individuelle Ausprägung des Denkverhaltens eines Schülers verantwortlich sind.

Die eben genannten elementaren Prozesse der Informationsverarbeitung werden hier in Anlehnung an STERNBERG (1980) als Lernprozeßkomponenten bezeichnet. Angenommen wird, daß sich jeder der oben definierten Teilprozesse aus solchen Lernprozeßkomponenten zusammensetzt. Diese Komponenten laufen intern als Einheiten ab und tragen durch ihren Ablauf zum Denkprozeß und auch zur Weiterentwicklung des Systems zur Informationsverarbeitung bei. Das Konzept der Lernprozeßkomponenten schließt die lerntheoretische Prämisse ein, daß sich das Denkverhalten durch jeden einzelnen Komponentenablauf verändert, indem diese Komponente dadurch z.B. geläufiger oder mit anderen Komponenten enger verzahnt wird. Aus dieser Perspektive ist das „richtige“ Denken manchmal weniger produktiv als das intensive Wechselspiel der Lernprozeßkomponenten bei der Entwicklung einer falschen Lösungsstrategie. Eine derartige prozeßorientierte Sichtweise der Denkentwicklung nehmen z.B. auch GREENO (1980) und RUMELHART/NORMAN (1981) ein.

4. Das Bonner Lehr-Lern-System (BLLS)

Das BLLS entwickelt eine Lernumwelt zur systematischen Unterstützung des soeben beschriebenen Lernprozesses. Diese Unterstützung geschieht durch lernfördernde Umweltbedingungen, die als erzeugbare, lehr-lern-theoretisch bedeutsame Merkmale der Lernumwelt definiert sind und deren lernfördernde Wirkung theoretisch oder empirisch untermauert ist. Ein Beispiel einer solchen Umweltbedingung wurde oben bereits durch den *Simultan-Vergegenwärtiger* gegeben. Andere Beispiele sind die *Beobachtbarkeit des Denkverhaltens*, der *Wettbewerb zwischen Kleingruppen* oder die *Peer-Kontroverse*.

Das BLLS ist dadurch gekennzeichnet, daß für die oben definierten Kern- und Begleitprozesse verschiedene Umweltbedingungen zu Funktionssystemen kombiniert und empirisch optimiert wurden (vgl. RÜPPELL 1982). Die Systeme für die vier Kernprozesse seien hier skizziert.

Das Darbietungssystem soll den Codierungsprozeß auslösen. Es besteht aus Trickfilmen, mit denen die Schüler unter Fernbedienung des Videorecorders verschiedene spielerische Aktivitäten ausführen. Diese Filme betten das Denkverhalten in handlungs-analoge Episoden ein und heben dabei die Handlungsträger hervor. Das Durchspielen der Handlung wird hierbei durch schematische Bildfolgen und vom lauten Denken eines Experten begleitet, wobei die Handlungsergebnisse durch prägnante Bilder hervorgehoben werden. Durch diese Trickfilme werden die für die ganzheitliche Aufzeichnung verantwortlichen Umweltbedingungen verwirklicht. Das laute Denken geschieht hierbei

telegrammstilartig mit hoher begrifflicher Überlappung von aufeinanderfolgenden Sätzen und vorwiegend in Verbindung mit stehenden Filmbildern. Hierdurch sollen Interferenzen mit der visuellen Informationsverarbeitung minimiert werden. Zusätzlich tauchen im lauten Denken die mathematischen Begleitaktivitäten, die semantischen Elaborationen und mnemonische Hilfen auf. Der laut Denkende stellt sich beispielsweise regelmäßig Rückfragen, stellt punktuelle Verbindungen zu seinem Vorwissen her oder hilft sich mit Eselsbrücken weiter.

Das *Handlungssystem* ist das aufwendigste und differenzierteste Subsystem des BLLS, denn im Umstrukturierungsprozeß ist u.E. der wichtigste und zugleich schwierigste Teilprozeß zu sehen. Kennzeichnend für das Handlungssystem sind die sogenannten Situationstypen und Rollen.

Ein Situationstyp ist eine technologische Regel zur Verwirklichung einer oder mehrerer Umweltbedingungen. Er ist beschreibbar als eine in sich geschlossene und zeitlich eng begrenzte Situation in einer lehrerunabhängigen Kleingruppe, in der eine Aufgabe zusammen mit differentiellen Aktivitätszuweisungen für die einzelnen Gruppenmitglieder dargeboten wird und in der nach der Aufgabenlösung ein reichhaltiges inhaltliches Feedback zutage tritt. Die Notwendigkeit der Nichtanwesenheit des Lehrers wurde hierbei, besonders auch unter Berücksichtigung der leistungsschwächeren Schüler, vielfach begründet (vgl. RÜPELL 1982). Die Rollen sind längerfristige Aktivitätszuweisungen zu bestimmten Schülern, z.B. die Rolle des Nutzenerklärers, der den Lernzielnutzen periodisch argumentativ hervorhebt.

Insgesamt wurden 25 Situationstypen und ca. 6 Rollen entworfen, die als Ressourcen zur Verfügung stehen, wenn das Handlungssystem der jeweiligen Situation und Population anzupassen ist und wenn zusätzlich die interindividuellen Unterschiede in dieser Population in Rechnung zu stellen sind. Die oben angeführte Umweltbedingung Peer-Kontrolle wird z.B. durch den Situationstyp Konkurrierende Tips verwirklicht. Hierzu wird der Kleingruppe eine schwierige Aufgabe mit der Aufforderung vorgegeben, sie kooperativ zu lösen. Zusätzlich erhält jedes Gruppenmitglied einen angemessenen oder unangemessenen Lösungstip, den es mit der Behauptung, es könne weiterhelfen, in den Gruppenlösungsprozeß einbringen soll.

Das *Supervisionssystem* wird im wesentlichen durch einen Lehrer verwirklicht, der in der flexiblen Umsetzung zahlreicher Umweltbedingungen trainiert ist, so daß er Lernprozeßkomponenten des Elaborationsprozesses gezielt auslösen kann. Eine solche Bedingung ist z.B. das meta-kognitive Feedback, verstanden als die Anregung eines Schülers zur Retrospektion nach einer erfolgreichen Problemlösung.

Das *Anwendungssystem* wird durch Regelspiele verwirklicht, die mit verschiedenen Umweltbedingungen so angereichert sind, daß die Lernprozeßkomponenten des Elaborationsprozesses auf unterschiedliche Arten auslösbar sind. Eine solche Bedingung ist z.B. die Verbalisierung des eigenen Denkprozesses, verstanden als Aufforderung zum lauten Denken in einer wettbewerbsorientierten Situation.

Einleitend wurde hervorgehoben, daß die Lehre des komplexen Denkverhaltens die Vermittlung von strategieübergreifenden Verhaltensweisen zur kompetenten Regulation des Denkverhaltens einschließt. Diese inhaltsunspezifischen Regulationskomponenten,

die eine spezielle Form der oben definierten Lernprozeßkomponenten darstellen, werden in vielfältiger Weise durch die Umweltbedingungen der Subsysteme ausgelöst. Angenommen wird, daß eine wiederholte Auslösung dazu führt, daß der Lernende sie schließlich unabhängig von den äußeren Bedingungen auslösen kann. Die Bedingungen gelten dann als internalisiert. Im BLLS bezieht sich dieses besonders auf das Handlungssystem. Hier bedeutet *Internalisierung*, daß die *Bedeutung der Umweltbedingungen* zugunsten von internen Steuerungsprozessen immer weiter zurückgeht, indem die Muster der regulativen Gruppenaktivitäten zu autonom auslösbaren Verhaltensmustern des Individuums werden. Dieses Internalisierungskonzept wird von verschiedenen Theorien gestützt, die von einer prinzipiellen Isomorphie zwischen kognitiven und sozialen Strukturen ausgehen (vgl. z. B. PIAGET 1973; FLAVELL 1981).

Am Beispiel des Handlungssystems läßt sich der Prozeß der Internalisierung danach wie folgt charakterisieren. Während der Mitarbeit im Problembearbeitungsprozeß der Gruppe verwendet der einzelne Schüler seine verfügbaren Informationsverarbeitungsstrategien. Im Kommunikationsprozeß der Gruppeninteraktion erfahren die eingebrachten Strategien Stützung und Korrektur ebenso wie die Konfrontation mit bisher noch nicht verfügbaren Strategien (VYGOTSKI 1978; BROWN/FRENCH 1979). Dies ist um so stärker der Fall, je mehr Beiträge und Bewertungen zum Austausch von Handlungen, Ideen, Vorschlägen und Erklärungen ein Schüler beisteuert und je offener er für Bewertung, Korrektur und Kritik ist. Als eine wesentliche Klasse solcher Gruppenprozesse sind hier vor allem Varianten von verallgemeinerbaren Steuerungskomponenten hervorzuheben (BROWN/FRENCH 1979; MEICHENBAUM 1980). Sie werden im Kommunikationsprozeß der Gruppe als Prozesse der Außenregulation für jeden individuell Lernenden erkennbar: etwa als wiederholte Kontrollprozeduren in bezug auf die Übereinstimmung zwischen objektiver und subjektiver Definition des Problems, als Prozeduren der Verständnissicherung, Speicherung und als Abruf von Zwischenergebnissen, als allgemeinere Kontroll- und Korrekturprozeduren für einzelne Komponenten und Sub-Strategien des Problembearbeitungsprozesses im Sinne von meta-kognitiven Prozessen (BROWN/FRENCH 1979; VYGOTSKI 1978; MEICHENBAUM 1980; MARKMAN 1981; FLAVELL 1981).

Ein Fallbeispiel verdeutlicht dies. Eine Gruppe von drei Schülern sollte im Rahmen des Handlungssystems das folgende Problem bearbeiten: (I) „Stelle Dir in Gedanken ein halbiertes Ganzes vor!“ (II) „Teile jede Hälfte in Gedanken nochmal in fünf gleiche Teile. Sage, wieviele Teile Du dann hast!“ Die Diskussion der drei Schüler verlief folgendermaßen:

Nr.	Sprecher/Adressat	Verbale Äußerung
1	W/L	Vorstellen! <i>Nicht</i> aufzeichnen!
2	L/W, Ma	Ich hab's mir vorgestellt, mir vorgestellt...
3	L/Ma, W	Ein Ganzes halbiert, ja!
4	W/-	Teile jedes Drittel in Gedanken nochmal in 3 gleiche Teile... (liest seine Anweisung)
5	L/Ma	Ne Hälfte in 5?
6	Ma/W	Drück' (Dia) weiter!
7	L/Ma, W	Nein... ich hab's noch nicht warte mal!
8	L/Ma	5 hab' ich!

Nr.	Sprecher/Adressat	Verbale Äußerung
9	L/Ma	Wenn ich ein Halbes nochmal in 5 gleiche Teile teile, hab', hab' ich 5
10	W/L	Und das andere Teil?
11	L/W	Ich (soll?) ja nur die Hälfte (halbieren)!!
12	L/W	Drück' nochmal zurück! (Aufgabendia (I) erscheint.)
14	L/W	Stell Dir ein halbiertes Ganzes vor! ... Siehste, also nur die Hälfte!
15	W/L	(W drückt auf Problemdia (II) weiter; W und L lesen Aufgabentext)
15	W/L	Teile <i>jede</i> Hälfte!
16	L/W	Ach, <i>jede</i> Hälfte?!
17	L/W	10 (Teile) hab' ich dann!!

Allgemein zeigt dieses Beispiel, daß der Lernende bei der Beteiligung an den zwischen-individuellen regulativen Aktivitäten in der Gruppeninteraktion wechselweise Initiator und Adressat von Regulationen ist. Er bringt seine eigenen Informationsverarbeitungsstrategien und Regulationskomponenten in der exteriorisierten Form von Handlungs- und Kommunikationsakten ein, die sich auf den eigenen oder den Problembearbeitungsprozeß der Gruppe richten. Andererseits muß er seinen eigenen Denkprozeß und seine Diskussionsbeiträge immer wieder an die sich ständig verändernden Bedingungen des zwischen-individuellen Informationsverarbeitungs-Systems der Gruppe anpassen, die sich aus den kontinuierlich ablaufenden Austausch-, Vergleichs- und Kontrollprozessen während der Gruppen-Problembearbeitung ergeben. Anwendung und Übernahme von Regulationskomponenten im individuellen Denkprozeß sind somit Voraussetzung und Folge dieses Engagements in den wechselnden Rollen des Initiators und Adressaten von zwischen-individuellen regulativen Aktivitäten.

Im einzelnen zeigt sich, daß hier der Schüler W eine wesentliche regulatorische Aktivität bzw. Funktion im zwischen-individuellen Informationsverarbeitungs-System der Dyade wahrnimmt. Obwohl W eine Aufgabe mit anderen Variablen zu bearbeiten hat, steuert er in einem teilweise von der Zuwendung zur eigenen Aufgabe unterbrochenen „monitoring“-Prozeß Problembearbeitung und Informationsverarbeitung der Schülerin L an zentralen kritischen Punkten.

Gute Beispiele für diese regulatorische Funktion des Interaktionspartners in der Dyade sind die Äußerungen (1), (10) und (15). In allen drei Kommunikationsakten übernimmt der Schüler W die Funktion einer zwischen-individuellen Steuerungskomponente. Er kontrolliert und steuert den Informationsverarbeitungsprozeß seiner Mitschülerin, da diese Steuerung intern offenbar noch nicht realisiert werden kann, was aus ihren Handlungen und Äußerungen für W erschließbar ist.

Inhaltlich bezieht sich diese Steuerungskomponente in allen drei Äußerungen auf *ein* bestimmtes Defizit, nämlich die fehlende oder mangelhafte Prüfung der Übereinstimmung zwischen objektiver und subjektiver Problem-Definition. Je nach „Ort“ im Problembearbeitungsprozeß der Schülerin L wird die Funktion der Steuerungskomponente in unterschiedlicher Direktivität der Interventionen des Schülers W realisiert:

- Nach einem ersten Ansatz der Problembearbeitung von L wird in der Äußerung (1) die Steuerungskomponente durch direkte Aufforderung realisiert („Vorstellen! *Nicht* aufzeichnen“). Diese Intervention erfolgt als direkte Reaktion auf die erkennbar unangemessene Vorgehensweise von L.
- Im mittleren Teil der Problembearbeitung wird in der Äußerung (10) die Steuerungskomponente durch eine nicht-direktive Kontrolle des Lösungsfortschritts und durch indirekten Bezug auf die objektive Problemdefinition Aufgabe (II) und deren Verständnis bei L realisiert („Und das andere Teil?“). Diese Intervention erfolgt als Reaktion auf die subjektive Problemdefinition und entsprechend falsche Lösung von L. Sie hat zur Folge, daß L ihre subjektive Problemdefinition als Grundlage ihrer Problembearbeitung und Informationsverarbeitung verteidigt.
- Gegen Ende der Problembearbeitung von L wird in der Äußerung (15) eine Steuerungskomponente durch direkten Rückbezug auf den Aufgabentext in Teil (I) und (II) realisiert, der von beiden Schülern zum Vergleich von erinnerter subjektiver Problemdefinition mit objektiv vorgegebener Problemstellung herangezogen wird.
- Diese Intervention erfolgt als Reaktion auf die Verteidigung der subjektiven Problemdefinition durch L. Sie hat zur Folge, daß die objektive Problemdefinition von L akzeptiert wird und die richtige Lösung unmittelbar generiert werden kann.

Dieses Interaktionsmuster repräsentiert ein mittleres Stadium des Übergangs von der reinen Außenregulation zur eigenständigen Selbstregulation des individuellen Informationsverarbeitungsprozesses. Es ist gekennzeichnet durch Diskrepanzen der Situations- bzw. der Problemdefinition zwischen den Interaktionspartnern, die gleichzeitig die Diskrepanz zwischen objektiver und subjektiver Problem-Definition auf der intra-personalen Ebene des Denkprozesses der Schülerin L abbilden. Gegenüber früheren Stadien erscheinen bereits einige Steuerungskomponenten auf der intra-personalen Ebene realisierbar. Hier ist ein geringerer Direktivitätsgrad der Außenregulation hinreichend, um die Übereinstimmung zwischen subjektiver und objektiver Problemdefinition als Grundlage der Informationsverarbeitung von L herzustellen. Gegenüber späteren Stadien treten noch eine Reihe von verbalisierten Selbst-Instruktionen bei der Schülerin L auf, die die Realisierung bereits zum Repertoire des „internen Dialogs“ gehörender Steuerungskomponenten andeuten.

Wenn Umweltbedingungen des BLLS Interaktionsmuster dieser Art periodisch über einen längeren Zeitraum hervorrufen, so kann davon ausgegangen werden, daß die Umweltbedingungen bzw. die dadurch ausgelösten Regulationsmuster vom Individuum internalisiert werden.

5. Zur Angemessenheit des normativen Denkmodells

Eine der verschiedenen empirischen Erprobungen des BLLS konzentrierte sich auf die Überprüfung der Angemessenheit des Modells der handlungs-analogen bild-unterstützten Schemata. Da dies ein normatives Denkmodell ist, kann das empirische Ergebnis nicht als Bestätigung oder Falsifizierung verstanden werden. Es geht vielmehr zunächst um eine Deskription kognitiver Prozesse auf der Basis der Termini des Modells; ihre Bewertung hat dann Fragen der Gültigkeit unserer allgemeinpsychologischen Annahmen ebenso zu

berücksichtigen wie die Erfüllbarkeit normativer Forderungen und die Angemessenheit der didaktischen Umsetzung.

Gegenstand des ca. 8-wöchigen Unterrichtsversuchs, an dem 26 Schülerinnen und Schüler einer 5. Hauptschulklasse im Rahmen ihres gewöhnlichen Mathematikunterrichts teilnahmen, waren Veranschaulichung („Herstellen“) und Erweitern/Kürzen („Verwandeln“) von Brüchen sowie die Konstruktion eines gemeinsamen Nenners zweier Brüche und deren Anordnung bzw. Addition.

Zu den beiden ersten Bereichen wurden kriteriumsorientierte Tests konstruiert, deren Aufgaben verschiedene Wissens Ebenen (handlungs-analoge Schemata, bildliche Denkprozesse, formalisierte Problemlöseoperationen und deren Kombinationen) sowie verschiedene kognitive Aktivitäten (simultane Vergegenwärtigung, Ausdifferenzierung, Durchspielen von Handlungen) ansprachen. Eine entsprechende Task-Analyse stützte sich auf das normative Denkmodell und seine Umsetzung in entsprechenden Gruppen-Problemaufgaben in den Lernphasen des Unterrichts. Ziel der Auswertung war es vornehmlich, empirische Leistungshierarchien zu erstellen (vgl. FRICKE 1974) und diese mit den Annahmen des Denkmodells zu vergleichen.

Ähnlich wurde ein kriteriumsorientierter Abschlußtest konstruiert, der Aufgaben zu allen drei Gegenstandsbereichen umfaßte. Über weitere diagnostische Verfahren, u. a. einen speziell entwickelten Interview-Test, wird an anderer Stelle berichtet (vgl. KLIEME/RÜPPELL 1983).

Bei der Auswertung der beiden ersten Tests ergaben sich folgende Strukturaussagen, die durch Skalogramm-Analysen nach GUTTMANN hinreichend gestützt sind (Skalierbarkeitsindizes: .65–.83 für Test 1, .74–.76 für Test 2):

- Simultane Vergegenwärtigung, Ausdifferenzierung und Durchspielen von Handlungen bei komplexen Problemlösungen bauen wie erwartet aufeinander auf. Dies stimmt insbesondere mit der Annahme des Modells überein, daß die Erfassung der Problemsituation durch das HABUS Voraussetzung weiterer Lösungsaktivitäten ist.
- Auch die speziellen Prozesse des bildlichen Denkens, d. h. Generierung von Zeichnungen bzw. visuelle Kontrolle von Lösungsansätzen, setzen ganzheitliche Erfassung durch das handlungs-analoge Schema voraus. Ihrerseits sind sie Voraussetzung für das vollständige Durchspielen der Handlung „Herstellen“ bzw. „Verwandeln“. Dies entspricht unserer Annahme, daß bildliches Denken in begriffliche Schemata eingebettet sein muß und umgekehrt die Problemlösung stützt.
- Insbesondere war das bildlich gestützte Durchspielen einer Handlung in der Leistungshierarchie einem rein formalen, auf Problemlöseoperationen gestützten Planen vorgeordnet.
- Bei Aufgaben, die nicht das vollständige Durchspielen einer Lösungshandlung, sondern lediglich die schlußfolgernde Ausdifferenzierung der Problemsituation erforderten, zeigte sich jedoch umgekehrt die Arbeit nur mit Problemlöseoperationen einer bildlich gestützten Bearbeitung vorgelagert. Auf dieser Ebene der kognitiven Aktivitäten müssen wir demnach eine gewisse Verselbständigung formaler Denkoperationen vermuten. Nähere Fehleranalysen bestätigten die Vermutung vor allem für den Gegenstandsbereich Erweitern/Kürzen von Brüchen, bei dem in der Tat abstrakte arithmetische Operationen für die „Methoden“ der durch Trickfiguren veranschaulich-

- ten Handlungsträger wesentliche Bedeutung haben. Ihre Integration in das HABUS konnte in unserem Versuch nicht im angestrebten Umfang erreicht werden.
- Die Leistungshierarchie zum Erweitern/Kürzen von Brüchen zeichnete sich zudem dadurch aus, daß eine Ausdifferenzierung nur auf der Ebene der Handlungssituation nicht Voraussetzung war für die Ausdifferenzierung und Durchspielen von Problemen unter Beteiligung von Bildern und Problemlöseoperationen, während dies beim Gegenstandsbereich „Herstellen eines Bruchs“ der Fall war. Im Zusammenhang mit weiteren Item- und Fehleranalysen ergab sich die Vermutung, daß die Schüler Schwierigkeiten hatten bei der Integration des handlungs-analogen Schemas „Herstellen“ in das handlungs-analoge Schema „Verwandeln“.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Ergebnisse in bezug auf die Funktionen des HABUS bei der simultanen Vergegenwärtigung und dem Durchspielen eines Problems den Erwartungen entsprachen, speziell die Aussagen zur Rolle des bildlichen Denkens. Nicht in der erwarteten Weise einer HABUS-Aktivität konnte aber das schlußfolgernde Ausdifferenzieren der Problemsituation bewältigt werden; vor allem im Bereich Erweitern/Kürzen kamen die orientierende Funktion der Handlungsträger und die stützende Funktion der Bilder nicht zum Tragen und verselbständigten sich formale Schlußprozesse.

Für die didaktische Umsetzung unseres normativen Denkmodells zogen wir daraus die Konsequenz, den oben beschriebenen Simultan-Vergegenwärtiger zu entwickeln, der die „Methoden“ der Lösungshandlung noch stringenter an die Eigenschaften der Handlungsträger koppelt und diese damit stärker akzentuiert. Damit ist auch gesagt, daß der Simultan-Vergegenwärtiger in dem hier beschriebenen Unterrichtsversuch noch nicht eingesetzt wurde.

Die Auswertung des kriteriumsorientierten Abschluß-Tests ergab, daß das Lernziel zum ersten Gegenstandsbereich, d. h. das vollständige Durchspielen einer Lösungshandlung zum „Herstellen“ eines Bruches, von 96 bzw. 88% der Schüler (je nach Aufgabe) erreicht werden konnten. Ein gedankliches Durchspielen des Erweiterns war noch 40 bzw. 44% der Schüler möglich, das Durchspielen der Konstruktion eines gemeinsamen Nenners zweier Brüche 12%. Wir nehmen daher an, daß zum „Herstellen“ nahezu alle Schüler ein HABUS entwickelt hatten, während beim „Verwandeln“ die Integration des begrifflichen Rahmengerüsts, bildlicher Vorstellungen und Problemlösungsoperationen nicht abgeschlossen werden konnte; das Auffinden eines gemeinsamen Nenners war zum Zeitpunkt der Testdurchführung für die Hälfte der Klasse nur 3 Schulstunden lang behandelt worden.

Selbst bei diesem dritten Gegenstandsbereich konnten allerdings in unseren diagnostischen Interviews 82% der Schüler nach bestimmten abgestuften Hilfestellungen eine Lösungshandlung durchspielen; erfolgreiche Hilfen waren rechnerische „Tips“ und das kurze Vorzeigen einer bildlichen Darstellung der Lösung. Wir können also auch hier vermuten, daß die Anwendung von Elementen eines HABUS im interaktiven Kontext schon für die meisten Schüler möglich war, ohne aber eine ausreichend integrierte kognitive Repräsentation zu garantieren, wie sie zum selbstständigen Durchspielen der Handlung erforderlich wäre (vgl. KLIEME/RÜPPELL 1983).

Zum Zweck der Überprüfung unseres Denkmodells sind Struktur- und Fehleranalysen lehrreicher als Erfolgsquoten. Drei bemerkenswerte Aussagen können wir der Analyse des kriteriumsorientierten Abschluß-Tests entnehmen:

- Eine Leistungshierarchie ergibt sich zwischen dem Durchspielen des „Herstellens“, „Verwandeln“ und „Vergleichens“. Es ist also anzunehmen, daß unser Lehrgang zur Bruchrechnung tatsächlich systematisches strukturelles Lernen erzeugt i.S. einer schrittweisen Integration kognitiver Schemata – auch wenn dieser Prozeß in der Mehrzahl der Fälle nicht zum Abschluß gelangen konnte.
- Im Vergleich zum ersten Test (Gegenstand: „Herstellen“) zeigt sich eine signifikante Verbesserung der Leistungen (*Wilcoxon*, $p = .025$). Die Fehleranalyse deutet den dahinter liegenden Lernprozeß: die 8 Schüler, die bei Test 1 das gleichmäßige Einteilen einer Strecke nicht zuende führen konnten, erzielten im Abschlußtest richtige Lösungen. Es hatten also auch beim „Herstellen“ zunächst besondere Schwierigkeiten im Bereich der Lösungs-„Methoden“ bestanden, die hier allerdings im weiteren Unterrichtsverlauf behoben werden konnten.
- Im Vergleich zum zweiten Test („Verwandeln“) zeigten sich hingegen keinerlei Verbesserungen. Im Gegenteil: jene 13 Schüler, die dort wenigstens noch rein formal eine Lösungshandlung durchspielen konnten, erreichten im Abschlußtest noch nicht einmal dieses Ergebnis. Die erwähnte mangelnde Verankerung von Problemlösungsoperationen in einem HABUS konnte also bis zum Abschlußtest nicht mehr aufgefangen werden.

Für unser normatives Denkmodell ist dieses Ergebnis insofern eine Bestätigung, als es zeigt, daß formale (algorithmische) Operationen allein einen Wissensbereich nicht stabilisieren, sondern daß zum Aufbau einer überdauernden Repräsentation handlungsanaloge Schemata und Bilder erforderlich sind. Es ist uns aber im Unterrichtsversuch 1981 noch nicht ausreichend gelungen, diese Unterstützung auch für den Gegenstandsbereich Erweitern/Kürzen didaktisch zu ermöglichen.

Literatur

- AEBLI, H.: Denken, das Ordnen des Tuns. Band 1. Stuttgart 1980.
- ANDERSON, J. R., GREENO, J. G., KLINE, P. J./NEVES, D. M.: Acquisition of Problem-Solving Skills. In: ANDERSON, J. R. (Hrsg.): Cognitive Skills and their Acquisition. Hillsdale, New Jersey 1981, S. 191–230.
- BANDURA, A.: Lernen am Modell. Ansätze zu einer kognitiven Lerntheorie. Stuttgart 1976.
- BROWN, A./FRENCH, L.: The Zone of Potential Development: Implications for Intelligence Testing in the Year 2000. In: *Intelligence* 3 (1979), S. 217–273.
- CHASE, W. G./CHI, M. T. H.: Cognitive Skill: Implications for Spatial Skill in Large-scale Environments. In: Harvey, J. (Hrsg.): Cognition, Social Behavior and the Environment. Hillsdale, New Jersey 1981.
- FLAVELL, J. H.: Cognitive Monitoring. In: DICKSON, W. P. (Hrsg.): Children's Oral Communication Skills. New York 1981, S. 35–60.
- FRICKE, R.: Kriteriumsorientierte Leistungsmessung. Stuttgart 1974.
- GREENO, J. G.: Psychology of Learning: 1960–1980. In: *American Psychologist* 35 (1980), S. 713–728.
- HECKHAUSEN, H./RHEINBERG, F.: Lernmotivation im Unterricht erneut betrachtet. *Unterrichtswissenschaft* 8 (1980), S. 7–47.

- KLIEME, E./RÜPPELL, H.: Die Bedeutung und Förderung des bildlichen Denkens im Unterricht. In: KÖTTER, L./MENDL, H. (Hrsg.): Jahrbuch für Erziehungswissenschaft. Düsseldorf 1983.
- KOSSLYN, S. M.: Image and Mind. Cambridge 1980.
- MARKMAN, E. M.: Comprehension Monitoring. In: DICKSON, W. P. (Hrsg.): Children's Oral Communication Skills. New York 1981, S. 61–73.
- MEICHENBAUM, D.: A Cognitive-Behavioral Perspective on Intelligence. In: Intelligence 4 (1980), S. 271–283.
- NEVES, D. M./ANDERSON, J. R.: Knowledge Compilation: Mechanisms for the Automatization of Cognitive Skills. In: ANDERSON, J. R. (Hrsg.): Cognitive Skills and their Acquisition. Hillsdale, 1981, S. 57–84.
- NORMAN, D. A.: Notes Toward a Theory of Complex Learning. In: LESGOLD, A. et al. (Hrsg.): Cognitive Psychology and Instruction. New York 1978, S. 39–48.
- PIAGET, J.: Die Entwicklung des Erkennens. Band III: Das biologische Denken. Das psychologische Denken. Das soziologische Denken. Stuttgart 1973.
- RÜPPELL, H.: Optimierung kognitiver Lernprozesse durch Spiele. In: Zeitschrift für Pädagogik 21 (1975), S. 403–405.
- RÜPPELL, H.: Lehre kognitiver Prozesse durch Simulation. In: UECKERT, H./RHENIUS, D. (Hrsg.): Komplexe menschliche Informationsverarbeitung. Bern 1979, S. 479–489.
- RÜPPELL, H.: Entwurf einer komplexen Lernumwelt – Das Bonner Lehr-Lern-System. Habilitationsschrift. Philosoph. Fakultät, Universität Bonn 1982.
- RUMELHART, D. E./NORMAN, D. A.: Analogical Processes in Learning. In: ANDERSON, J. R. (Hrsg.): Cognitive Skills and their Acquisition. Hillsdale 1981, S. 335–360.
- RUMELHART, D. E./ORTONY, A.: The Representation of Knowledge in Memory. In: ANDERSON, R. C./SPIRO, R. J./MONTAGUE, W. E. (Hrsg.): Schooling and the Acquisition of Knowledge. Hillsdale 1977, S. 99–135.
- SELZ, O.: Die Gesetze der produktiven und reproduktiven Geistestätigkeit. Kurzgefaßte Darstellung. Bonn 1924.
- STEINER, G.: Visuelle Vorstellungen beim Lösen von elementaren Problemen. Stuttgart 1980.
- STERNBERG, R.: Factor Theories of Intelligence are All Right Almost. In: Educational Researcher 9, (1980), H. 8, S. 6–13.
- VYGOTSKY, L. S.: Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Cambridge 1978.
- WEINERT, F. E.: Über die mehrfache Bedeutung des Begriffs „entwicklungsangemessen“ in der pädagogisch-psychologischen Theorienbildung. In: BRANDTSTÄTTER, J./REINERT, G./SCHNEEWIND, K. A. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie: Probleme und Perspektiven. Stuttgart 1979, S. 181–207.

Anschrift der Autoren:

Dr. Hermann Ruppell, Dr. Philipp S. Schrankel, Dipl.-Psych. Annegret Garbert, Dipl.-Psych. Jörg Huber, Dipl.-Psych. Eckhard Klieme,
Psychologisches Institut der Universität Bonn, An der Schloßkirche 1, 5300 Bonn 1